



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**NÁVRH DÍLENSKÉHO JEŘÁBU S MOTOROVÝM
POJEZDEM**

DESIGN OF WORKSHOP CRANE WITH POWERED CHASSIS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lukáš Valc

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petr Kočiš

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Lukáš Valc**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. Petr Kočiš**
Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Návrh dílenského jeřábu s motorovým pojezdem

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Student navrhne konstrukci dílenského jeřábu (lidově žirafy) s nosností minimálně 1 t a s motorovým pojezdem.

Cíle bakalářské práce:

Přehled dílenských jeřábů.

Nejméně 2 návrhové varianty, jejich zhodnocení a výběr vhodné varianty.

Konstrukční návrh vybrané varianty.

Základní strojírenské výpočty.

Výkres sestavy.

Výrobní výkresy, min. 3.

Seznam doporučené literatury:

MAREK, Jiří. Konstrukce CNC obráběcích strojů III. Praha: MM publishing, 2014, 684 s. : il. ISBN 978-80-260-6780-1.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

V této bakalářské práci se pojednává o konstrukčním řešení a návrhem dílenského jeřábu s motorovým pojezdem. Jeřáb musí splňovat tyto základní podmínky. Hlavní podmínkou je minimální nosnost jeřábu a to konkrétně 1t. Zároveň jeřáb musí být vybaven motorovým pojezdem, který by měl zajišťovat snadnou manipulaci a plynulou ovladatelnost. Úvod bakalářské práce se věnuje základnímu rozdělení jeřábů. Dále se zaměřuje na výběr vhodné konstrukční varianty. Výsledný návrh je zkontrolován pevnostními výpočty a v závěrečné části je provedena výkresová dokumentace.

KLÍČOVÁ SLOVA

Dílenský jeřáb, pevnostní výpočet, výložník, motorový pojezd, řetězový kladkostroj, paletový vozík

ABSTRACT

In this bachelor thesis I deal with the design solution and the design of workshop crane with motorized travel. The crane must meet these basic conditions. The main condition is the minimum capacity of the crane, namely 1t. At the same time, the crane must be equipped with a motor trolley, which should ensure easy handling and smooth handling. In the introduction they deal with the basic distribution of cranes. I also focus on selecting a suitable design variant. The proposed design is checked by strength calculations and drawings are drawn in the final part.

KEYWORDS

Workshop crane, strength calculation, boom arm, motorized power, chain hoist, pallet truck

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VALC, L. *Návrh dílenského jeřábu s motorovým pojezdem*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 77 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Kočíš.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Petrovi Kočišovi, za poskytnuté cenné rady a odborné vedení při tvorbě této práce. Na závěr děkuji své rodině za podporu při studiu.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Petra Kočiše a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 27.5.2018

.....

Valc Lukáš

Obsah

1	ÚVOD	15
2	PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ.....	17
2.1	Rozdělení jeřábů	17
2.1.1	Základní rozdělení jeřábů	17
2.2	Dílenské jeřáby	21
2.2.1	Pojízdný skládací hydraulický jeřáb	21
2.2.2	Pojízdný jeřáb s protizávažím.....	22
2.2.3	Pojízdný otočný jeřáb	24
2.2.4	Pojízdný sklopný jeřáb	25
2.2.5	Pojízdný jeřáb (OMCN) s pevnou konstrukcí	26
2.3	Porovnání a zhodnocení dílenských jeřábů	27
3	SYSTÉMOVÝ ROZBOR PRÁCE	29
3.1	Problémová situace	29
3.2	Formulace problému	29
3.3	Formulace cílů a řešení	29
3.4	Popis řešené soustavy	29
3.5	Systém podstatných veličin	29
4	MOTIVACE.....	33
5	KONCEPCE ŘEŠENÍ	35
5.1	Návrhy variant jeřábů	35
5.1.1	1. VARIANTA	35
5.1.2	2. VARIANTA	36
5.1.3	3. VARIANTA	37
5.2	Výběr vhodné varianty.....	38
6	KONSTRUKČNÍ NÁVRH VYBRANÉ VARIANTY	39
6.1	Volba vhodných komponentů	39
6.1.1	Elektrický paletový vozík CBD20p.....	39
6.1.2	Řetězový kladkostroj Asist ae8hr20-30d.....	40
6.1.3	Hutní materiály a profily	41
6.2	Popis celku konstrukce	44
7	FUNKČNÍ A PEVNOSTNÍ VÝPOČTY	45
7.1	Kontrola čepu – řetězový kladkostroj	45
7.2	Kontrola čepu – na stojanu konstrukce.....	46
7.3	Výpočet sil ve vazbách ze statiky – statický rozbor	47
7.4	Vnitřní vedlejší účinky – VVÚ	50
7.5	Kontrola vidlic paletového vozíku na ohyb	51
7.6	Kontrola ramene jeřábu na ohyb.....	52
7.7	Kontrola svaru.....	54
8	ZÁVĚR.....	57
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	59
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ, A TABULEK.....	61
11	SEZNAM OBRÁZKŮ	63
12	SEZNAM PŘÍLOH	65

1 ÚVOD

Už od nepaměti lidé používali zařízení na zvedání těžkých břemen, ale nedokázali tato zařízení správně definovat. Pomocí vynálezů si chtěli usnadnit práci a to byl pro ně jediný, hlavní význam těchto zařízení. První zmínky o jeřábech a kladkách máme již z dob antického Řecka a Říma. O tyto objevy se postaral, z dochovaných písemných zdrojů, Archimédes. Avšak domníváme se, že primitivní vynález jeřábu vznikl již několik let předtím. Mohlo se tak stát ve starověkém Egyptě, kde vynalezli vahadlový jeřáb na čerpání vody ze studní, či v zemi Sumerů. Ti jsou dodnes považováni jako vynálezci kola už kolem roku 3000 před naším letopočtem. Vynálezy měly vždycky jeden jediný problém a to byl samotný pohon a přísun energie. Člověk je však tvor přemýšlivý a jak šel čas, tak vynálezy pohonů se zdokonalovaly taktéž. Nyní jsme svědky toho, jak elektrická energie pohání celý svět a tato inovace se dotkla samozřejmě již zmiňovaných jeřábů.

Jeřáby můžeme definovat různými způsoby. Jeřáb je dopravní zařízení, které přenáší ve vodorovném a svislém směru těžká břemena z jednoho místa na místo druhé, mnohdy i v těžkých podmínkách (viz.: obr. 1.1). [1]

V mé bakalářské práci se budu zabývat návrhem dílenského jeřábu, který slouží k montáži a demontáži agregátů osobních vozidel. Jeřáb musí splňovat minimální nosnost 1t dle zadání. Výhodou těchto zařízení je snadná manipulace a ovladatelnost. Velkou výhodou je, že jeřábový vozík ve složeném stavu zabírá minimální prostor. Hlavní části jsou svařená konstrukce, výložník, paletový vozík a řetězový kladkostroj.

Na trhu dílenských jeřábů je spousta různých variant převážně tzv. žiraf. Hlavními výrobci jsou firmy Tedox, Manutan, Mevatec a Emporo.



obr. 1.1: Historický jeřáb z konce 14. století [2]

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

2.1 Rozdělení jeřábů

2.1.1 Základní rozdělení jeřábů

Vývoj jeřábů se pořád zdokonaluje a přidávají se nové prvky, které zlepšují mobilitu a bezpečnost při obsluze. Obecně o jeřábu lze říct, že je to zařízení, které slouží k přemísťování břemen jak ve svislém směru, tak ve vodorovném. Pracovní výška, při které manipulujeme s břemeny, je řádově v metrech až ve stovkách metrů nad zemí. Základní technickou charakteristiku jeřábů tvoří nosnost. [3], [4]

Jeřáby dělíme dle těchto aspektů:

- tvaru konstrukce
- způsobu pohonu
- způsobu pohybu
- druhu práce

Na první pohled u každého jeřábu rozeznáváme tvar konstrukce neboli vizuální odlišnosti.

Primárně však dělíme jeřáby podle tvaru konstrukce na tyto základní kategorie. [3], [4]

Jeřáby mostového typu

- mostový
- portálový mostový
- poloportálový mostový

Jeřáby lanového typu

- lanový
- portálový lanový

Jeřáby výložníkového typu

- věžový
- derikový
- portálový otočný jeřáb
- palubní
- plovoucí
- konzolový
- sloupový výložníkový
- nástěnný
- bicyklový
- výložníkový

Způsob pohonu je určen dle břemena. Záleží na hmotnosti, způsobu pohybu a podmínkách používání atd. [3], [4]

Podle způsobu pohonu je členíme:

- pohon ruční
- pohon elektrický
- pohon spalovacím motorem hydraulický
- pohon spalovacím motorem mechanický

Způsob pohybu u těchto zařízení je specifikován jako manipulační plocha, na které je jeřáb schopen úchopu břemene ve vodorovné rovině. [3], [4]

Rozlišujeme:

- pevné
- pojízdné
- otočné

Členění podle druhu práce závisí převážně na konstrukci. Tato konstrukce je přizpůsobena pracovní náplni, kterou má jeřáb vykonávat. [3], [4]

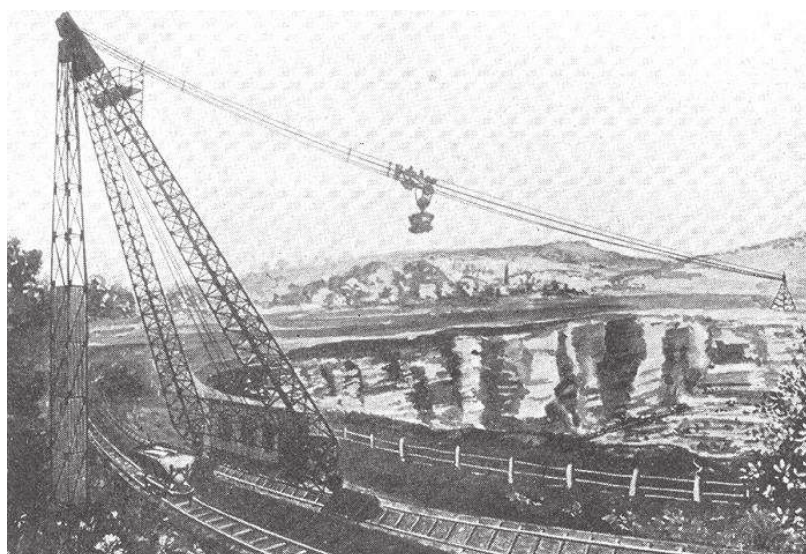
Podle druhu práce známe tyto jeřáby:

- montážní
- hutní
- stavební
- **dílenské**
- železniční
- přístavní
- vodní
- skládkové



obr. 2.1: Mostový jeřáb [5]

Mostový jeřáb je velmi užitečný pro práci ve velkých strojírenských firmách (viz.: obr. 2.1). Využívá se pro přepravu velmi těžkých materiálů. Největší výhodou této konstrukce je umístění nad pracovním manipulačním prostorem výrobní haly, kde pomocí elektromotorů provádí přemísťovací operace s břemeny. [4]



obr. 2.2: Historický lanový jeřáb [6]

Lanové jeřáby se používají převážně pro výstavbu mostů (viz.: obr. 2.2). Konstrukce jeřábu je tvořena nosným lanem, po kterém se pohybuje jeřábová kočka s bezpečnostním hákem. O spouštění a zdvihání břemene se stará zdvihací lano, které je navíjeno na buben navijáku, jež je součástí jeřábové kočky. [4]



obr. 2.3: Dílenský jeřáb [7]

Dílenský jeřáb je rozšířený převážně v oblasti automobilismu a servisních služeb. Hlavní úlohou tohoto zařízení je primárně montáž a demontáž automobilových agregátů. Skládá se z konstrukce vyrobené převážně z tenkostěnných profilů a pro zdvihání a spouštění břemene využívá hydraulický píst (viz.: obr.: 2.3). [8]

2.2 Dílenské jeřáby

Jedná se o kategorii jeřábů, které se využívají v dílenských či opravárenských provozech. Jsou nedílnou součástí provozoven, které se zaměřují na montáže a demontáže motorových agregátů u osobních nebo vyšších užitkových vozidel. Jejich hlavní výhodou je lehká manipulace s těžkými břemeny a minimálními rozměry při uskladnění. V této kategorii je v dnešní době velké spektrum různých druhů těchto zařízení. [8]

2.2.1 Pojízdný skládací hydraulický jeřáb

Funkce:

Tento konkrétní typ je nejběžnější a nejpoužívanější v této kategorii (viz.: obr. 2.4, obr. 2.5). Přezdívá se mu žirafa podle konstrukce, kterou tím připomíná. Používá se k montáži a demontáži agregátů, k čemuž využívá hydraulického zařízení. Hydraulický válec slouží ke zvedání břemena na ramenu jeřábu ve svislém směru. Samotná konstrukce umožňuje najet přímo pod opravované osobní vozidlo. Tím se i lépe rozloží těžiště zvedaného břemena. Podvozek disponuje stavitelnými kolečky, které zlepšují manipulaci po objektu. Velkou výhodou je stavitelný výložník, který lze nastavit podle nosnosti břemene. [8]

Tabulka 2-1: Technické parametry skládacího jeřábu [8]

Nosnost:	2000 kg (1000 kg)
Výška zdvihu:	25 - 2300 mm
Výška jeřábu:	1568 mm
Šířka jeřábu:	1040 mm
Délka jeřábu:	1800 mm
Hmotnost:	99 kg
Cena s DPH:	6038 Kč

Výrobce:

Skládací dílenský jeřáb vyrábí velké množství firem. Rozdíl je patrný hlavně v konstrukci jeřábu. Tento konkrétní typ vyrábí firma Heavytech s.r.o. z Hradce Králové. [8]

Použití:

Tento jeřáb se používá především v menších auto servisech nebo dílnách. Jedná se o nejuniverzálnější dílenské zařízení. Největší výhodou je především cena. [8]



obr. 2.5: a) Dílenský jeřáb (poskládaný) [8]



obr. 2.4: b) Rozložený dílenský jeřáb [8]

2.2.2 Pojízdný jeřáb s protizávažím

Funkce:

Pojízdný jeřáb s protizávažím se moc běžně v provozech nevyskytuje (viz.: obr. 2.6). Velkou předností těchto jeřábů je, že mají výbornou stabilitu, kterou zajišťuje protizávaží. Jako protizávaží se u tohoto typu využívá např. štěrk nebo písek, který se nasype do kovové skříňky a tím se celé zařízení zatíží. Je vhodný pro větší dílny, protože potřebuje větší prostor k manipulaci a dostatečně rovný pracovní povrch. Další využití je pro manipulaci s břemeny v oblastech, kde není prostor na opěrná ramena, která má klasický dílenský jeřáb. Zvedací pohon je provozován pomocí hydraulického pístu se zabudovaným dvojčinným ručním čerpadlem (viz.: obr. 2.7). [9]

Tabulka 2-2: Technické parametry pojízdného jeřábu s protizávažím [9]

Nosnost:	1000 kg
Výška zdvihu:	1727 - 2955 mm
Výška jeřábu:	1727 mm
Šířka jeřábu:	912 mm
Délka jeřábu:	1805 mm
Hmotnost bez protizávaží:	114 kg
Hmotnost s protizávažím:	825 kg
Cena s DPH:	54 329 Kč

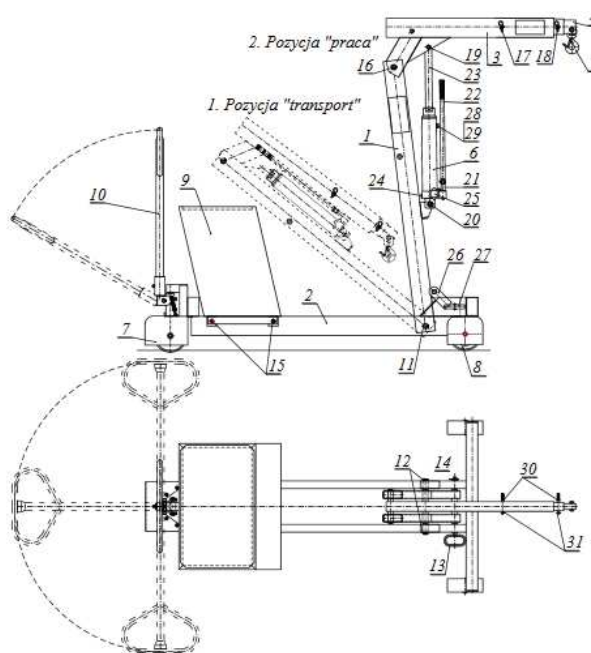
Výrobce:

Tento typ jeřábu se moc v běžné praxi nevyskytuje, avšak jeho využití je velmi účelné pro svou stabilitu. Vyrábí ho firma EMPORO, s.r.o. Hlavní sídlo této firmy je v Hradci Králové. [9]

Použití:

Využívá se převážně ve velkých provozech. Velkou výhodou je výborná stabilita, avšak manipulace s tímto jeřábem je náročnější a díky velké ceně také méně dostupný pro běžného uživatele. [9]

1 skládací nosný sloup	1 ks
2 hlavní rám	1 ks
3 hlavní rameno	1 ks
4 výsuvné rameno	2 ks
5 hák	1 ks
6 ruční hydraulická pumpa	1 ks
7 otočná soustava	1 ks
8 jízdní kolečko Ø 200	2 ks
9 nádrž – protiváha s víkem	1 ks
10 oj	1 ks



obr. 2.6: Schéma dílenského jeřábu s protizávažím [9]



obr. 2.7: Dílenský jeřáb s protizávažím [9]

2.2.3 Pojízdny otočný jeřáb

Funkce:

Pojízdny otočný jeřáb disponuje oproti klasickému možností otáčení ramene kolem vlastní osy se zavěšeným břemenem (viz.: obr. 2.8). Tato výhoda mu umožňuje zvednout břemeno na jednom místě a pootočením přemístit na jiné místo bez popojíždění. Na hlavním nosném sloupu jeřábu je přichyceno protizávaží neboli litinový blok o hmotnosti 250 kg, který stabilizuje rovnováhu se zavěšeným břemenem. Podvozek jeřábu je speciálně uzpůsoben pro europaletu, na kterou se dá náklad položit při přepravě na delší vzdálenosti. Zvedání je zajištěno pomocí hydraulického pístu s integrovaným ručním dvojčinným čerpadlem. Spouštění břemene má na starost plynule regulovatelný ventil. Samotné rameno lze nastavit do tří základních délkových poloh. Na konci ramene je umístěn bezpečnostní otočný jeřábový hák. Pojezd jeřábu je řešen manuálně pomocí dvou otočných kladek s brzdou a dvou pevných kladek. [10]

Tabulka 2-3: Technické parametry pojízdného otočného jeřábu [10]

Nosnost:	500 kg
Výška zdvihu:	1633 - 2700 mm
Výška jeřábu:	1770 mm
Šířka jeřábu:	1224 mm
Délka jeřábu:	1700 mm
Hmotnost:	320 kg
Cena s DPH:	54 329 Kč

Výrobce:

Pojízdny otočný jeřáb je pro specifickou konstrukci lehce rozpoznatelný. Vyrábí ho pouze omezený počet firem. Tento konkrétní typ má na svědomí firma EMPORO, s.r.o. [10]

Použití:

Tento typ jeřábu je velmi univerzální pro manipulaci s materiálem, jak ve velkém provozu, tak i malém díky možnosti otáčení ramene o 180°. Velkou nevýhodou je hmotnost jeřábu (320 kg), kvůli které je popojíždění velmi náročné. Pro správné využití jeřábu je doporučena vhodná manipulační plocha (tzn. rovný, betonový podklad). [10]



obr. 2.8: Pojízdny otočný jeřáb [10]

2.2.4 Pojízdný sklopný jeřáb

Funkce:

Sklopný jeřáb slouží primárně ke zvedání, spouštění a popojíždění v rámci manipulace na určitém úseku pracoviště (viz.: obr. 2.9). Tímto se však neliší od ostatních typů dílenských jeřábů. Jeho největší výhodou je bezesporu schopnost manipulovat s břemenem i v nejnižších možných polohách. Zvedání zajišťuje hydraulický píst s integrovaným ručním dvojitým čerpadlem. Spouštění je ovládáno pomocí plynule regulovatelného ventilu. Rameno jeřábu je vybaveno standardně otočným bezpečnostním jeřábovým hákem a umožňuje vysunutí do čtyř poloh. Podvozek jeřábu se vyrábí ve tvaru „U“. Účelem této konstrukce je možnost práce s europaletami. Pojíždění jeřábu zajišťují polyamidová pojezdová kolečka. Pro lepší ovladatelnost má jeřáb přidělané vodící oje, které umožňují lehce korigovat směr jízdy a chováním připomíná paletový vozík. [11]

Tabulka 2-4: Technické parametry sklopného jeřábu [11]

Nosnost:	2000 kg
Výška zdvihu:	2297 - 3150 mm
Výška jeřábu:	2297 mm
Šířka jeřábu:	1210 mm
Délka jeřábu:	2182 mm
Hmotnost:	265 kg
Cena s DPH:	32 247 Kč

Výrobce:

Sklopný jeřáb vyrábí firma EMPORO, s.r.o. [11]

Použití:

Pojízdný sklopný jeřáb patří v dané kategorii mezi jeřáby s širším využitím. Mezi jeho hlavní výhody a přednosti lze zařadit jednoduchou montáž a demontáž. Díky sklopení ramene můžeme dosáhnout relativně velké úspory místa. Zároveň se nabízí možnost manipulace s paletami, které taktéž zvyšují škálu možností daného jeřábu. Avšak velkou nevýhodou je především hmotnost zařízení, která přesahuje 250 kg, čímž se výrazně stěžuje manipulace při pojíždění s jeřábem. [11]



obr. 2.9: Pojízdný sklopný jeřáb [11]

2.2.5 Pojízdný jeřáb (OMCN) s pevnou konstrukcí

Funkce:

Pojízdný dílenský jeřáb (OMCN) má maximální nosnost 3000 kg na nejmenší možné poloze ramene, což je nejvíce z výše uvedených typů (viz.: obr. 2.10). Jeřáb se skládá z kvalitní svařované a robustní konstrukce bez příčných vzpěr. Zvedání zajišťuje hydraulický píst s možností dvou rychlostí samotného zdvihu. Pojezd je řešen manuálně pomocí nylonových koleček. Směr pohybu se koriguje pomocí vodícího oje. Rameno s bezpečnostním hákem lze nastavit do 4 základních poloh. Největší nevýhodou jeřábu je však jeho hmotnost, která činí 520 kg. Ovladatelnost jeřábu se zatížením je tudíž velmi obtížná. [12]

Tabulka 2-5: Technické parametry pojízdného jeřábu s pevnou konstrukcí [12]

Nosnost:	3000 kg
Výška zdvihu:	2270 - 3800 mm
Výška jeřábu:	2270 mm
Šířka jeřábu:	1460 mm
Délka jeřábu:	2350 mm
Hmotnost:	520 kg
Cena s DPH:	85 099 Kč

Výrobce:

Pojízdný jeřáb s pevnou konstrukcí produkuje firma VM Consulting, která se zabývá servisem a prodejem garážové techniky. Tato firma se nachází v Praze. [12]

Použití:

Tento konkrétní jeřáb najde uplatnění převážně ve velkých provozech, kde bude zaručena kvalitní pracovní plocha pro pojíždění. Robustní konstrukce nám umožňuje zvedání velmi těžkých břemen a jejich následné přemísťování ve výrobních úsecích závodů. Cena takového jeřábu je ovšem velmi závratná, a proto služby tohoto konkrétního typu využívají převážně velké firmy. [12]



obr. 2.10: Pojízdný jeřáb (OMCN) s pevnou konstrukcí [12]

2.3 Porovnání a zhodnocení dílenských jeřábů

Nejvíce účelným jeřábem z této nabídky je, s největší pravděpodobností, **skládací jeřáb** (viz.: obr.2.11). Disponuje nejnižší cenou a zároveň parametry jeřábu jsou velmi praktické. Pohon zdvihu je řízen hydraulickým pístem, což je nejplynulejší možnost pohonu, jak při spouštění, tak při zdvihání břemene. Ostatní jeřáby nejsou tak všestranné oproti skládacímu jeřábu, který ve srovnání s ostatními typy, je nejvhodnější pro běžné využití. Používá se nejen ve velkých závodech, ale i v menších autoservisech. Pro cenovou dostupnost si ho mohou pořídit běžní uživatelé. Další typy dílenských jeřábů jsou bezpochyby stacionárně pevnější, robustnější a využívají kvalitnější materiály. Všechna tato vylepšení se promítají, jak do hmotnosti jeřábu, tak i do ceny, která je výrazně vyšší. Používají se převážně na jednu danou činnost, kde primárně slouží ke zvedání břemen s omezeným pracovním pohybem, kterým disponují díky velké hmotnosti jeřábu. Tabulka porovnání a zhodnocení dílenských jeřábů (viz.: PŘÍLOHA 1).



obr. 2.11: Nejpoužívanější dílenský jeřáb (žirafa) [13]

3 SYSTÉMOVÝ ROZBOR PRÁCE

3.1 Problémová situace

Na trhu jsou v dnešní době pouze jeřáby, které nemají pojezd a jsou řízeny pouze mechanicky. Tyto jeřáby jsou zároveň velmi těžké a ovladatelnost je velmi obtížná. V dnešní době se téměř všechna zařízení automatizují a pojezd je součástí skoro všech mechanismů. Dílenské jeřáby jsou řízeny pouze ručně a jsou převážně jednoúčelové. Většina opravárenských provozoven má problém se skladováním velkých zvedacích zařízení, což je případ i nyníšších typů dílenských jeřábů. Skládací rozebíratelné jeřáby s motorovým pojezdem totiž dnešnímu trhu chybí. [14]

3.2 Formulace problému

Návrh a konstrukce dílenského jeřábu s motorovým pojezdem určeného pro snadnou manipulaci s břemeny do nosnosti 1t, při zachování nízké hmotnosti zařízení a výborné ovladatelnosti. [14]

3.3 Formulace cílů a řešení

Cíle bakalářské práce jsou následující:

- Výběr technického řešení dílenského jeřábu
- Návrh vhodné varianty
- Volba komponentů
- Pevnostní výpočet navrženého řešení
- Konstrukce vybraného řešení
- Závěr a zhodnocení

Hlavním cílem mé bakalářské práce bylo vypracovat návrh dílenského jeřábu včetně základní rešerše o dílenských jeřábech. Technická zpráva má obsahovat tři různé varianty dílenských jeřábů, ze kterých bude vybrána pouze jedna finální varianta. Pro tuto variantu bude vytvořeno konstrukční řešení, výkres sestavy a další vybrané výrobní výkresy. Její funkčnost bude zkontrolována pevnostními výpočty. U finální varianty budou uvedeny i její výhody. [14]

3.4 Popis řešené soustavy

Na základě skutečnosti získané z problémové situace bylo vybráno technické řešení v podobě jednoduché jeřábové konstrukce, která využívá pro pojezd elektrický paletový vozík. Pro zvedání břemen byl zvolen řetězový kladkostroj. Praktická část bakalářské práce se zabývá výpočtem a návrhem konstrukce dílenského jeřábu. [14]

3.5 Systém podstatných veličin

Systém podstatných veličin klade důraz na všechny veličiny, které popisují podstatné okolnosti z hlediska řešení problému. Celý systém je rozdělen do devíti podmnožin (S0-S9). Opomenutí nějaké z veličin má za následek nesprávné výsledky, které vedou ke špatným návrhům technického řešení. [14]

S0 – veličiny popisující okolí entity

Dílenské zařízení musí splňovat tyto požadavky. Hlavním požadavkem je nízká hmotnost konstrukce jeřábu, dobrá ovladatelnost (elektrický paletový vozík), jednoduchost upínání konstrukce, víceúčelnost a maximální nosnost 1t na rameni jeřábu. [14]

Q [kg] – vnější zatížení (nosnost) břemene

P [kW] – výkon elektrického paletového vozíku

Výkon P sice nevstupuje do výpočtu, ale při detailním zaměření na danou problematiku, by se s ním mělo počítat.

S1 – geometrie a topologie entity

Modelovaná entita je trojrozměrný objekt, který je vytvořen dle získaných výsledků z výpočtů konstrukce. Jedná se o svařovací sestavu, která se skládá z dvou menších podsestav. Podmnožina je popsána normalizovanými specifickými hodnotami tenkostěnných profilů a čepů, které lze získat z katalogů výrobců s hutními materiály. Dále také obsahuje informace o otvorech a pozicích dalších komponentů. [14]

L [mm] – jmenovitá délka ramene

b_n [mm] – jmenovitá šířka tenkostěnného profilu

h_n [mm] – jmenovitá výška tenkostěnného profilu

t_n [mm] – jmenovitá tloušťka tenkostěnného profilu

ξ [-] – počet stupňů volností ve vazbách

S2 – vazby a interakce entity s okolím

Entita je vázána k elektrickému paletovému vozíku pomocí západek a šroubů. Zároveň rameno je vázáno ke stojanu dílenského jeřábu čepem. Na rameni je zavazben řetězový kladkostroj rovněž za pomoci čepu. Tuhost čepů je stanovena kontrolním výpočtem na otlacení. [14]

P [MPa] – otlacení čepu stojanu

M_c [N/m] – moment působící na vidlice paletového vozíku

S3 – aktivace entity s okolím

Prázdná množina.

S4 – ovlivňování entity s okolím

Prázdná množina.

S5 – oborové vlastnosti struktury entity

Entita je vyrobena z materiálů S235JR(11 373), S355J2H (11 503), 11 600, které jsou popsány mechanickými vlastnostmi v katalogu výrobce normalizovaných polotovarů. Pro návrh konstrukce byl zvolen (uvažován) materiál homogenní, izotropní a lineárně pružný. [15], [14]

S6 – veličiny popisující procesy a stavy entity

Procesy a stavy entity jsou popsány kontrolou všech komponentů a napětí v nebezpečných místech a průřezích soustavy. [14]

P [MPa] – otláčení čepu stojanu

σ_o [MPa] – napětí v ohybu (působící na paletový vozík, rameno)

$F_C, F_D, F_{AX}, F_{AY}, F_B, F_Q$ [N] – síly působící ve vazbách soustavy

S7 – veličiny popisující projevy entity

Projevy entity jsou popsány dodržáním podmínek namáhání na ohyb, kontroly čepů v průběhu největšího zatížení a kontroly momentu na vidlicích paletového vozíku získaných z materiálových charakteristik. [14]

Y [mm] – průhyb ramene

Průhyb Y sice nevstupuje do výpočtu, ale při detailním zaměření na danou problematiku, by se s ním mělo počítat.

S8 – důsledky projevů

Důsledkem projevů je vytvoření funkčního zařízení s účinným pojezdovým ústrojím, které je výhodné pro univerzální použití a usnadnění práce se zaručenou bezpečností provozu při manipulaci s jeřábem. Jsou zde veličiny, které popisují stav soustavy a limitují ho do mezního stavu pružnosti. [14]

δ [-] – lom (porušení)

4 MOTIVACE

Z provedené rešerše vyplývá, že na trhu jsou v současné době dostupné takové dílenské jeřáby, které jsou pouze jednoúčelné a mají svoji specifickou konstrukci. Ale ani jeden z výše uvedených typů neumožňuje univerzálnost a víceúčelnost v opravárenských provozech. Při podrobném prohledávání dostupných materiálů o dílenských jeřábech, nebylo nalezeno žádné podobné řešení, které by využívalo k pohonu hydraulický paletový vozík. Na základě této skutečnosti se navržená konstrukce, která je postavena na této platformě, stává výjimečnou. Hydraulický paletový vozík má výbornou ovladatelnost, stabilitu a pevnou konstrukci, pomocí které dosahuje velmi vysoké nosnosti. Materiál vidlic paletového vozíku má specifický průřez, který zvyšuje pevnost a odolnost vidlic. Zároveň tloušťka materiálu použitého na tyto vidlice je víc než dostatečná, přibližně 4 mm. Dalším aspektem je, že většina jeřábů v této kategorii využívá pro spouštění a zvedání hydraulický píst. Toto řešení je z hlediska funkce a účinnosti velmi rozšířené a používané. U vybrané varianty se stará o zvedání břemene řetězový kladkostroj, který je umístěn na výložníku a zajištěn pomocí čepu. Řetězový kladkostroj je normalizované zařízení a lze jej běžně koupit v řetězcích s vázací technikou. Velkou výhodou kladkostrojů jsou rozměry a zároveň rozsáhlý výběr konstrukcí s různou dovolenou nosností na bezpečnostním háku. Víceúčelné dílenské jeřáby dnešnímu trhu chybí, a proto kombinace jeřábu s paletovým vozíkem by na trh mohla přinést větší univerzálnost, která by posunula tuto kategorie o úroveň výše.



obr. 4.2: Hydraulický paletový vozík [16]



obr. 4.1: Dílenský jeřáb [24]

Výše uvedené obrázky mají symbolizovat myšlenku kombinace dílenského jeřábu s hydraulickým paletovým vozíkem (viz.: obr. 4.2, obr. 4.1).

5 KONCEPCE ŘEŠENÍ

5.1 Návrhy variant jeřábů

Při návrhu variant byla hlavně věnována pozornost trhu s dílenskými jeřáby. Základem návrhu byly poznatky, týkající se konstrukce klasických dílenských jeřábů a způsobu jejich ovládání. Základní podmínkou výběru by mělo být ušetření času a univerzálnost. Nejvhodnější varianta byla vybrána ze tří návrhů. Tato finální varianta by měla disponovat nejvýhodnější konstrukcí a zároveň být účelná v běžné praxi.

5.1.1 1. VARIANTA

Popis konstrukce:

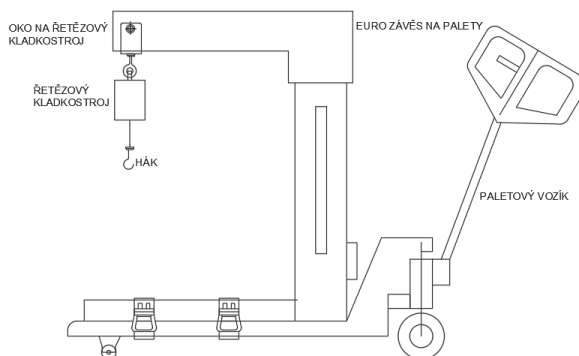
První varianta se skládá ze stojanu s ramenem, zvedacího zařízení, bezpečnostního háku a upínacích popruhů (viz.: obr. 5.1). Stojan s ramenem je normalizované zařízení, které se běžně využívá ve strojírenství. Jedná se o závěs na zvedání a přemísťování europalet. [17] V tomto návrhu je uzpůsoben jako stojan a rameno jeřábu. Konstrukce závěsu byla zvolena z důvodu, že je normalizovaná a zároveň nosnost na konci je již garantována výrobcem a pohybuje se okolo 1500 kg. Tato nosnost splňuje podmínku zadání. Zvedání a spouštění zajišťuje řetězový kladkostroj, který je zavěšený na čepu na konci ramena závěsu. Pojezd u této varianty je pomocí hydraulického paletového vozíku.

Způsob upnutí:

Celá konstrukce jeřábu je umístěna na vidlicích paletového vozíku. Přichycení jeřábové konstrukce k vidlicím paletového vozíku spočívá v tom, že každá vidlice je opásána upínacími popruhy. Tyto popruhy jsou použity, protože dovolují velkou únosnost. Každý popruh má uprostřed čáry, které symbolizují maximální počet tun.

Výhody a nevýhody:

Velkou nevýhodou řešení je malá stabilita, která je způsobena malou šířkou paletového vozíku, v přední části dokonce jen šířkou dvojice řídicích kol. Stabilita pouze v radiálním směru (tahu břemene). V axiálním směru ovšem požadavky splněny nejsou hlavně pro manipulaci s většími břemeny. Konstrukce nástavby tvaru U neumožňuje současné nakládání spolu s paletou umístěnou na paletovém vozíku. Řešení je málo univerzální.



obr. 5.1: 1. VARIANTA

5.1.2 2. VARIANTA

Popis konstrukce:

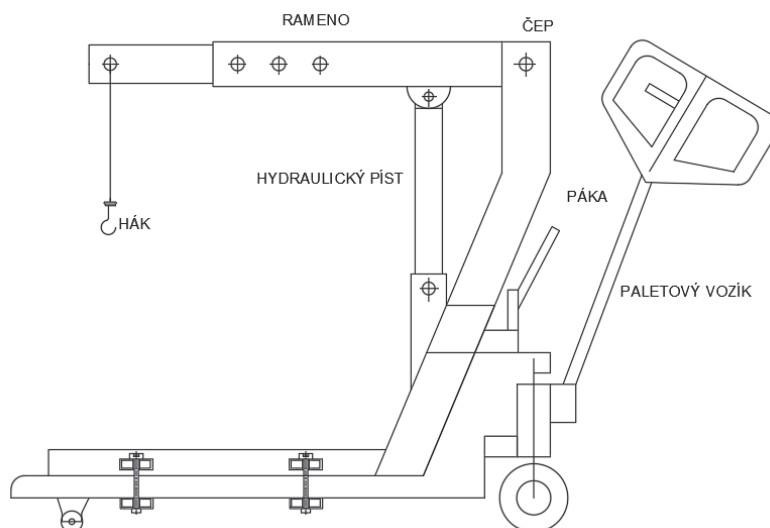
Tato varianta se od předchozí liší v mnoha aspektech (viz.: obr. 5.2). Je zde velký rozdíl ve způsobu zdvihu, jak po stránce konstrukční, tak po mechanické. Zařízení se skládá z hlavního stojanu, teleskopického polohovatelného ramene, hydraulického pístu určeného ke zvedání břemen, bezpečnostního háku a samozřejmě pojezdu, který je na stejné platformě elektrického paletového vozíku jako u první varianty. Zvedání břemene je prostřednictvím hydraulického pístu. Píst je tlačен do výklopného ramene, na jehož konci pomocí oka nebo háku je zvedáno břemeno. Hydraulické zvedání a spouštění je přesné, jemné a plynulé.

Způsob upnutí:

Zařízení je uchyceno pomocí dvojice tenkostěnných profilů, které jsou přivařeny mezi spodní část stojanu jeřábu. Spodní část stojanu je umístěna na vidlicích paletového vozíku. Uprostřed těchto profilů je vyvrtaná díra, kterou prochází čep se závitem. Na druhém konci čepu je umístěn další tenkostěnný profil, který se natočením zajistí o vidlice paletového vozíku a přitáhnutím matice se zajistí celá konstrukce.

Výhody a nevýhody:

Hydraulické zvedání a spouštění je přesné, jemné a plynulé. Nicméně nevýhodou je malý omezený zdvih. Při zvedání je břemeno posouváno mnohdy v nežádoucím radiálním směru. Dalším zlepšením je teleskopické a výsuvné rameno. Tímto vylepšením je umožněn operativnější přístup a větší rozsah nosností na ramenu. Bohužel velkou nevýhodou jako u první varianty je malá stabilita, která zůstává nevyřešena. Riziko stoupající s posouváním břemene na teleskopickém ramenu.



obr. 5.2: 2. VARIANTA

5.1.3 3. VARIANTA

Popis konstrukce:

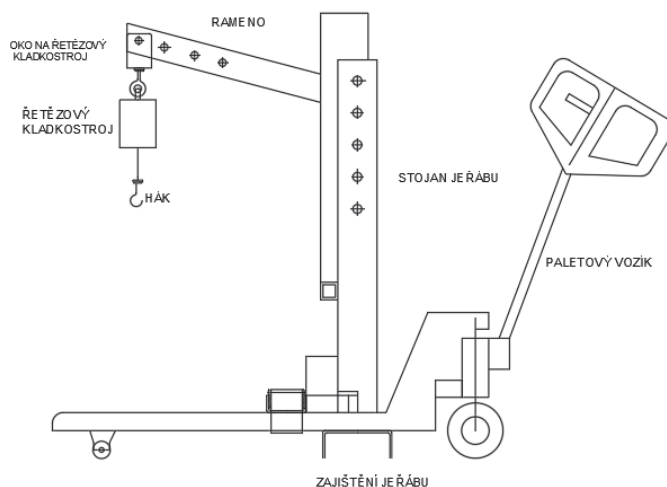
Stavebnicově poskládaný stojan, rameno v sestavě s paletovým hydraulickým vozíkem nabízí velmi sofistikované řešení (viz.: obr. 5.3). O zdvih břemene je postaráno pomocí mechanického řetězového kladkostroje. Tímto zařízením je umožněno bezpečné, plynulé, přesné zvedání a spouštění v ose z. Platforma elektrického paletového vozíku v sestavě s pevnou jeřábovou konstrukcí není překážkou při žádném pracovním pohybu vidlicím vozíku.

Způsob upnutí:

Konstrukce jeřábu se pouze otočením o 90 stupňů a zasunutím pomocí dvou naváděcích čepů dostane do požadované polohy na vidlicích vozíku. Pomocí jednoduchých postranních výsuvných západek je celá konstrukce aretována a fixována. Oproti předcházejícím variantám je zde vyřešen problém se stabilitou jeřábu. A to nejen během zvedání břemene, ale i jeho přemísťování. Řešení nalezeno v U profilu příčně navařeném ke stojanu zespodu. Tím se vyřešila opěrná šířka v axiálním směru, významně zamezující nestabilitu jeřábu. Délka příčníku je dvojnásobná šířce vidlic vozíku. Případně délka příčníku může být stavitelná.

Výhody a nevýhody:

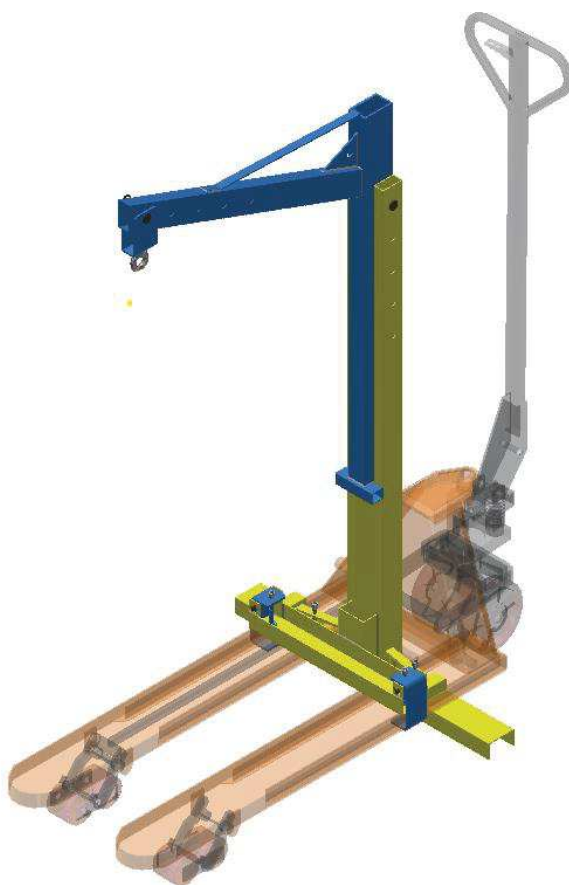
Zespodu na koncích příčníku jsou našroubovány elastické dorazy, přes které se přenesou hmotnost celého zařízení i břemene na manipulační povrch. I na nezpevněném povrchu se chová zařízení stabilně. Nosnost konstrukce až do 2 tun může být zvýšena pomocí snadno vložené podpěry, která je umístěna mezi horní rameno a spodní opěrný U profil (viz.: PŘÍLOHA 5). S proti závaží může zařízení fungovat jako vetknutý nosník (tzn.: tam kde by pod břemenem překážely vidlice). Manipulace celého zařízení na paletovém vozíku je velmi snadná a díky skvělé ovladatelnosti vozíku dovoluje vytočení na malém prostoru. Polohovatelný stojan umožňuje víceúčelné použití při dalších pracovních operacích přidáním dalších užitečných doplňků, které lze na stojan zavěsit. (např.: k rychlému upevnění montážního přípravku při opravách motorů). Zařízení se dá využít téměř všude, kde je potřeba rychle zvednout a přemístit břemeno.



obr. 5.3: 3. VARIANTA

5.2 Výběr vhodné varianty

Dle návrhů konstrukcí jeřábů byla stanovena varianta číslo 3. Bylo rozhodnuto na základě funkčnosti, univerzálnosti a z hlediska nejlepšího využití zařízení v praxi. Jeřáb je sestaven s ohledem na hmotnost a pevnost zařízení, čímž je jeho ovladatelnost a práce s břemenem velmi účinná. Velkou výhodou konstrukce je víceúčelnost celého zařízení. Elektrický paletový vozík v kombinaci s touto konstrukcí vytvoří plně hodnotný dílenský jeřáb. Ovladatelnost paletového vozíku řízením stejnosměrného elektromotoru je velmi plynulá. Mechanický řetězový kladkostroj, který je použit na navrženém modelu, má řadu výhod. Mezi největší výhody patří, že je typizován a není příliš nákladný na pořízení. Toto ruční zvedací zařízení se může používat bez jakýchkoliv revizí, které se na zvedací zařízení s pojezdem o větší nosnosti než 1t musí vykonávat každých 12 měsíců. Samotná konstrukce má polohovatelný výložník a stojan, což umožňuje větší pracovní prostor a využití (viz.: obr. 5.4). Všechny použité komponenty jsou běžně dostupné.



obr. 5.4: Vybraná varianta

6 KONSTRUKČNÍ NÁVRH VYBRANÉ VARIANTY

6.1 Volba vhodných komponentů

Po stanovení finální varianty, nastává samotná realizace. Což znamená výběr vhodných komponentů, materiálů a dalších nejlépe normalizovaných součástí. Normalizované součásti jsou komponenty na samotnou výrobu, které lze běžně zakoupit v ochodech či přes internet. Tyto díly jsou méně nákladné na pořízení a zároveň jsou kompatibilní s dalšími komponenty (viz.: normalizované šrouby a matice).

6.1.1 Elektrický paletový vozík CBD20p

Platformou pro jeřábovou konstrukci je elektrický paletový vozík (viz.: obr. 6.1). Jeho nosnost dosahuje 2t, což je dostatečné dimenzování na požadovanou nosnost 1t i s břemenem. Paletový vozík je vybaven trakční baterií, která disponuje dlouhou výdrží na jedno nabití. Baterie má kapacitu 24V/210Ah. Baterie je schopna pracovat při maximálním zatížení a bude se vybíjet pořád stejně, jako by přenášené břemeno bylo o menší hmotnosti. Zařízení obsahuje mnoho inovativních funkcí, které jsou zde zakomponovány. Je zde použita nová originální rukojeť, která zajišťuje plynulé ovládání a zároveň umožňuje pohodlnou manipulaci pouze jednou rukou. Velkou výhodou je možnost otočení oje více než o 180 stupňů, což znamená malý poloměr otáčení, a proto výbornou ovladatelnost. Paletový vozík má specifický spodní rám ve tvaru oblouku, který svou konstrukcí chrání končetiny manipulátora. Zařízení má bezpečnostní tlačítko pro rychlé vypnutí stroje v případě neočekávaného problému. Protiskluzový systém zamezuje sjíždění vozíku zpět např.: na nakloněné rovině rampy nákladního automobilu. Dobré umístění motoru a baterie jsou výhodné pro údržbu zařízení. Hmotnost celého zařízení je 535kg, což při snížení hydrauliky a tím zajištění konstrukce, funguje jako protizávaží, kterým se také zlepší celková stabilita se zavěšeným břemenem. Cena tohoto modelu je 88 500 Kč bez DPH. [18]

Výrobce: Paletový vozík vyrábí společnost Deltalift. [18]



obr. 6.1: Elektrický paletový vozík CBD20p [18]

6.1.2 Řetězový kladkostroj Asist ae8hr20-30d

Pro zvedací ústrojí byl konstrukčně navržen tento model řetězového kladkostroje, který má maximální nosnost 2000 kg (viz.: obr. 6.2). Nejvyšší nosná výška je až 3 metry. Zařízení je vybaveno západkou pro bezpečné zvedání břemen. Výhodou je, že je plně mechanický a tudíž není potřeba žádné elektrické energie. Kladkostroj se používá tak, že se zavěsí na určité místo pomocí upevňovacího háku. Jelikož zařízení disponuje lehkým převodovým poměrem, lze jej snadno obsluhovat. Hmotnost zařízení činí 9 kg. Vzhledem k tomu, že pojezd jeřábu je řešen elektrickým paletovým vozíkem, avšak z důvodu nutných revizí u elektrických řetězových kladkostrojů, volím mechanický manuální kladkostroj. Řetězový kladkostroj je velmi praktický a lze umístit kdekoliv. Jeho pořizovací cena je 1499 Kč. [19]

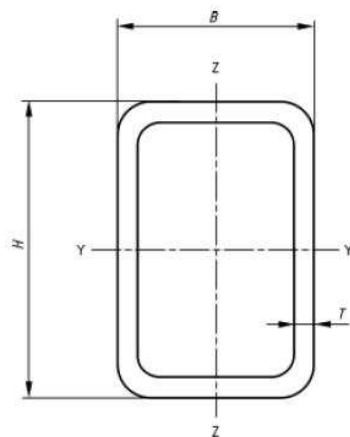
Výrobce: Tento model vyrábí firma ASIST a lze běžně zakoupit ve všech dostupných internetových obchodech. [19]



obr. 6.2: Řetězový kladkostroj Asist ae8hr20-30d [19]

6.1.3 Hutní materiály a profily

Primární konstrukce jeřábu je tvořena z tenkostěnných profilů (viz.: obr. 6.3). Tyto materiály jsou normalizované, tudíž jsou normálně k dispozici ve všech internetových nebo kamenných obchodech s hutními materiály. Pro představu jedním z největších výrobců a dodavatelů je firma Feron. Tato firma má velkou škálu druhů a typů materiálů. Veškeré materiály, které využívám na navrženou konstrukci, jsou pak právě z tohoto obchodu.



obr. 6.3: Normalizovaný tenkostěnný profil [15]

Pro hlavní konstrukci využívám tyto druhy materiálů:

Stojan

Tato svařovaná konstrukce je vyrobena z tenkostěnných profilů a U profilů (viz.: obr.6.4). Všechny tyto díly jsou normalizované.

Podstavu stojanu tvoří profil otevřený průřezu U rovnoramenný.

Spodní podstava U90x50x4 – materiál: S235JR 1.0038 dle EN10025-2 (11 375) [15]

Tento profil se využívá ještě jako zpevnění a zároveň jako nosná část. Další U profil pak je umístěn jako doraz pro stojan. Na konstrukci jsou tedy potřeba tři U profily o různých délkách, které jsou známy z výkresové dokumentace.

Hlavní polohovatelná část je vyřešena dvěma stejně dlouhými tenkostěnnými profily, které se využívají pro posun ramene a tím, zvýšení pracovního prostoru ve vertikálním směru. V této dvojici profilů jsou navrtány díry pro čep, který zajišťuje rameno proti uvolnění. Zadní část profilů je zpevněna třemi ohnutými pásovými plechy s prolisem o tloušťce 3 mm.

Hlavní konstrukce (tenkostěnný profil) 70x35x3 – materiál: S235JRH 1.0039 dle ČSN EN 10219-1 (11 375) [15]

Menší opěrné plochy, které se opírají o vidlice paletového vozíku a jsou navařeny na U profilu, tvoří profil dutý svařovaný černý s obdélníkovým průřezem. Tento profil je využit na obou stranách.

Opěrné části (tenkostěnný profil) 45x35x3 – materiál: S235JRH 1.0039

dle ČSN EN 10219-1 (11 375) [15]

Pro zpevnění spodní konstrukce je přivařen na každé straně pásový plech s dírou a závitem pro šroub M12 pro zajištění s paletovým vozíkem.

Pásový plech 40x4 – materiál: S235JR 1.0038 dle EN10025-2 (11 375) [15]

Dále jsou zde použity dvě pevné tyče plného průřezu, které slouží jako vymezení mezery mezi vidlicemi paletového vozíku. Zároveň na vrchní ploše válečku je přivařen již zmiňovaný pásový plech.

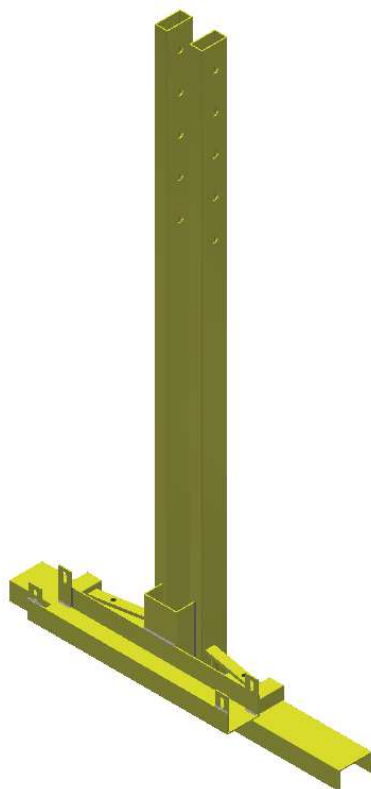
Doraz mezi vidlicemi – plná válcová tyč průměr 20 (délka 75 mm) ČSN 42 5510-2 [20]

Čep průměr 12 s dírami 2,5 na závlačky – materiál 14 220 (délka 110 mm) ČSN 22340 [20]

Zpevnění - pásový plech 70x6 – materiál: S235JR 1.0038 dle EN10025-2 (11 375) [15]

Na U profilu jsou přidělané dva menší pásové plechy široké z oceli válcované za tepla DIN 59200(A) a dírou na čep. Na čepech je upevněn pásový plech, který je ohnut a zpevněn prolisem, proto aby se zajistil o spodní část vidlice paletového vozíku. Pásový plech se jednoduše otočí na čepu a pomocí šroubu zafixuje o spodní U profil, čímž se celá konstrukce zpevní a zajistí proti posunutí. Čep je pojištěn závlačkou. Pro lepší stabilitu a opěr celého zařízení se nabízí možnost pružných dorazů, které jsou přichyceny pomocí šroubů na spodním U profilu stojanu.

Závlačka 5x13 ČSN EN ISO 1234 [20]



obr. 6.4: Konstrukce stojanu

Rameno

Rameno je vyrobeno ze dvou hlavních tenkostěnných profilů s vnitřním úhlem 110 stupňů, které se dají polohovat dle požadované délky na břemeno (viz.: obr. 6.5). Tato část konstrukce obsahuje hlavní vzpěru, která zpevňuje výložník při vyšším zatížení. Využita je také menší vzpěra, která spojuje oba tyto tenkostěnné profily. Aby se konstrukce neotáčela, na spodní straně profilu je navařen menší profil, který se opírá o hlavní dva profily stojanu. Řetězový kladkostroj je na výložníku umístěn pomocí ohnutého plechu a čepu kontrolovaného na otlacení.

Výložník (tenkostěnný profil) 100x60x5 – materiál: S235JRH 1.0039 dle ČSN EN 10219-1 (11 375) [15]

Stavitelná část výložníku svislá (tenkostěnný profil) 80x60x6 – materiál: S355J2H 1.0576 dle ČSN EN 10219-1 (11 503) [15]

Doraz (tenkostěnný profil) 40x35x3 – materiál: S235JRH 1.0039 dle ČSN EN 10219-1 (11 375) [15]

Větší vzpěra – Pásový plech ohnutý 40x4 – materiál: S235JR 1.0038 dle EN10025-2 (11 375) [15]

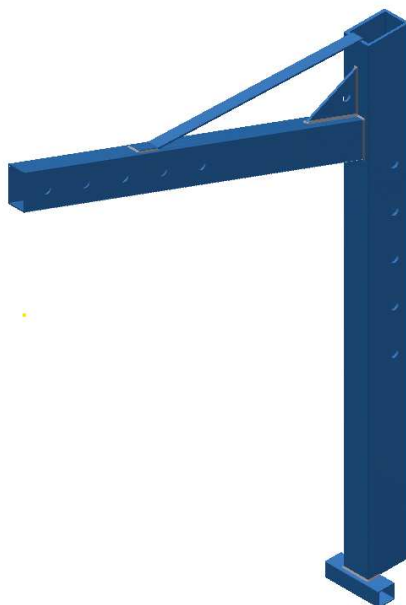
Menší vzpěra (trojúhelníková) 200x200x4 – materiál: S235JR 1.0038 dle EN10025-2 (11 375) [15]

Držák řetězového kladkostroje (pásový plech) – 90x4 – materiál: S235JR 1.0038 dle EN10025-2 (11 375) [15]

Bezpečnostní hák – normalizovaný výkovek (nosnost 1,5 t) [20]

Další možnost zpevnění konstrukce pro hraniční nosnosti:

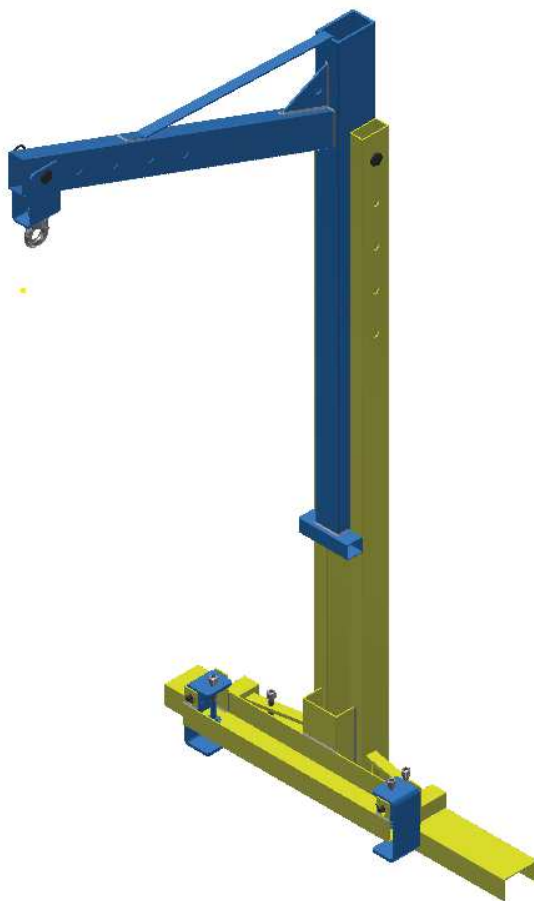
Velká vzpěra svařená z tenkostěnných profilů, která má opěr v U profilu a zároveň je zajištěna pomocí čepu na výložníku.



obr. 6.5: Konstrukce ramene

6.2 Popis celku konstrukce

Konstrukce je navržena jako soustava svařených tenkostěnných profilů, které tvoří stojan a rameno. Jedná se o rozebíratelné zařízení, protože rameno i stojan se dají rozdělat za účelem lepšího skladování. Na rameni jsou umístěny vzpěry, které snižují napětí v nebezpečných místech. Stojan je tvořen pomocí U profilů, hlavních tenkostěnných profilů s otvory pro čep, naváděcích čepů a zpevnění stojanu. Hlavními upínacími prvky jsou západky, které jsou uloženy v U profilu na čepích. Jednoduchým nadzvednutím je lze složit, aby nezabíraly místo. Čepy, na kterých se otáčejí západky, jsou zajištěny závlačkami. V západkách jsou vyvrtány díry se závitem, ve kterých je umístěn šroub, kterým se přitáhne konstrukce o U profil a tím se zajistí horní opěr stojanu. Zpevněním stojanu se myslí dva pásové plechy svařené k hlavním profilům a menším profilům na vrchním U profilu (viz.: obr. 6.6). Způsob uchycení je velmi snadný. Nejprve se umístí stojan mezi vidlice paletového vozíku a pouhým natočením o 90 stupňů se zajistí o vidlice. Pomocí západek a šroubů se celá konstrukce zafixuje proti posunutí. Dále můžeme na takto připravený stojan umístit rameno a zajistit čepem. Na rameno se už pouze našroubuje menší konzola s řetězovým kladkostrojem.



obr. 6.6: Celková konstrukce dílenského jeřábu

7 FUNKČNÍ A PEVNOSTNÍ VÝPOČTY

7.1 Kontrola čepu – řetězový kladkostroj

Čep zatížen silou F_Q je nutno zkontrolovat na otláčení (viz.: obr. 7.1). Dle materiálové charakteristiky čepu je zjištěno dovolené napětí. Při jeho překročení je nutné zvolit větší průměr čepu nebo materiál s vhodnější charakteristikou napětí.

Dáno:

$$B = 3 \text{ mm}$$

$$Q = 1000 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$D_{\text{č}} = 20 \text{ mm}$$

Materiál čepu 11 373.3 [20]

$$(30 - 110 \text{ MPa}) [21]$$

$$v_{\text{oleno}} = P_{\text{dov.}} = 100 \text{ MPa}$$

Síla břemene

$$F_Q = Q \cdot g = 1000 \cdot 10 = 10000 \text{ N} \quad [22] \quad (1)$$

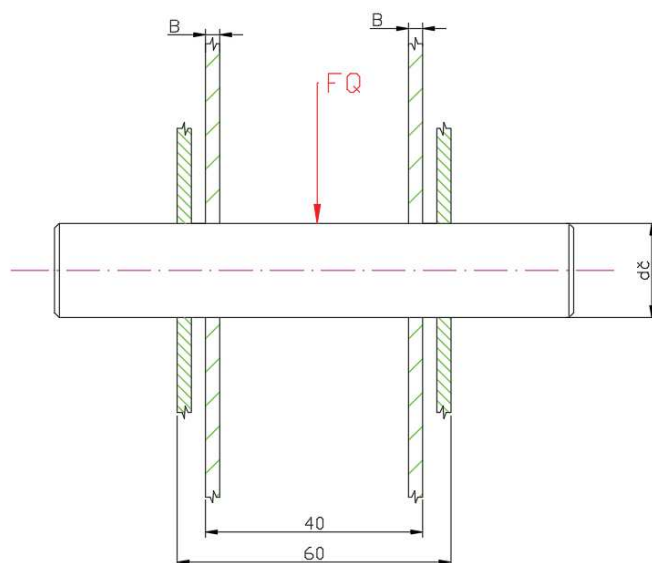
Kontrola čepu na otláčení:

$$P = \frac{F}{S} \leq P_d \quad [22] \quad (2)$$

$$P = \frac{F_Q}{D_{\text{č}} \cdot 2 \cdot B} = \frac{10\,000}{20 \cdot 2 \cdot 3} = 83,33 \text{ MPa} \leq 100 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Navržený čep o průměru 20 mm z materiálu 11 373.3 **vyhovuje** danému zatížení.



obr. 7.1: Uložení čepu v konstrukci stojanu

7.2 Kontrola čepu – na stojanu konstrukce

Čep zatížen silou F_{AY} získanou výpočtem ze statického rozboru je nutno zkontrolovat na otláčení (viz: obr. 7.2). Dle materiálové charakteristiky čepu je zjištěno dovolené napětí. Při jeho překročení je nutné zvolit větší průměr čepu nebo materiál s vhodnější charakteristikou napětí.

Dáno:

$$B = 3 \text{ mm}$$

$$F_{AY} = 10\,000 \text{ N}$$

$$D_{\text{č}} = 20 \text{ mm}$$

Materiál čepu 11 373.3 [20]

(30 – 110 MPa) [21]

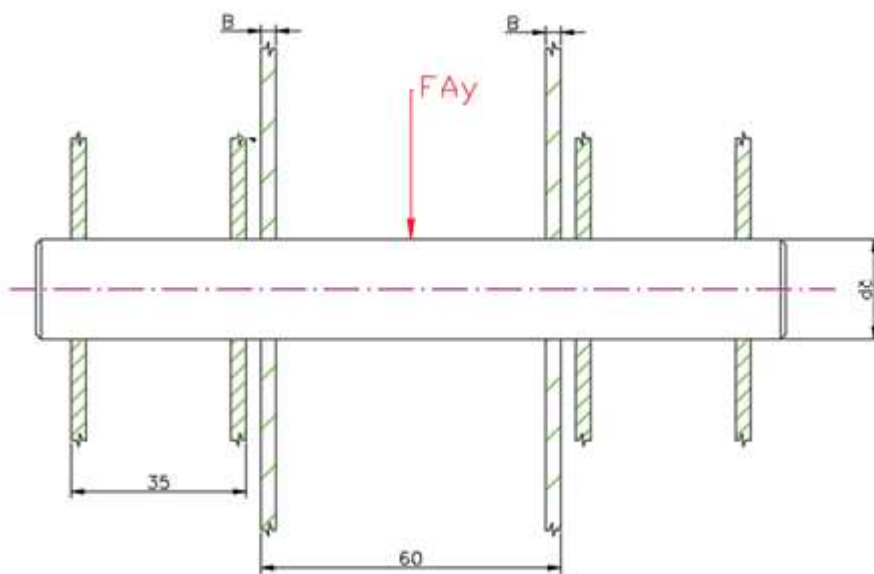
$$P_{\text{dov.}} = 100 \text{ MPa (voleno)}$$

Kontrola čepu na otláčení:

$$P = \frac{F}{S} \leq P_d \quad [22] \quad (3)$$

$$P = \frac{F_Q}{D_{\text{č}} \cdot 2 \cdot B} = \frac{10\,000}{20 \cdot 2 \cdot 3} = 83,33 \text{ MPa} \leq 100 \text{ MPa}$$

Navržený čep o průměru 20 mm z materiálu 11 373.3 **vyhovuje** danému zatížení.



obr. 7.2: Uložení čepu na konstrukci ramene

7.3 Výpočet sil ve vazbách ze statiky – statický rozbor

Zadání je zakresleno pomocí dvou těles, na které působí jednotlivé síly ve vazbách, jež nelze vyčíslit pomocí jednoduchých empirických vztahů (viz.: obr. 7.3). Nejprve se vychází z rovnice kinematického rozboru, která nám určí pohyblivost soustavy. Působící síly jsou získány ze statického rozboru dané soustavy těles.

Dáno:

$$Q = 1000 \text{ kg}$$

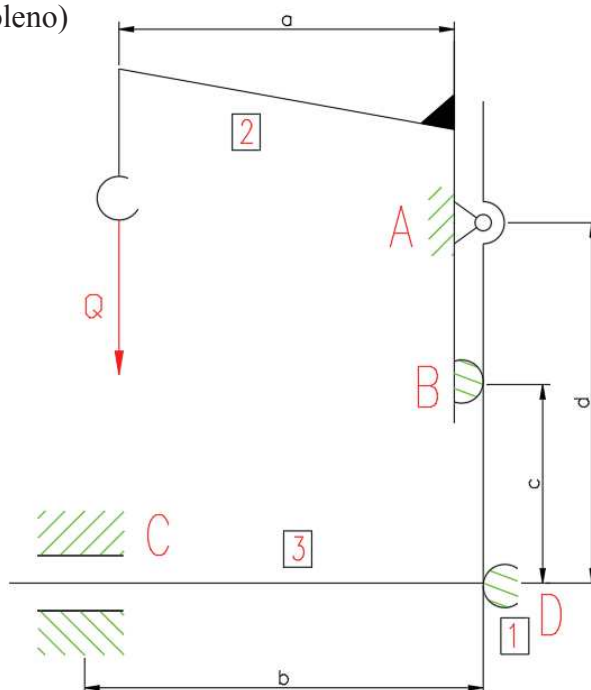
$$a = 900 \text{ mm}$$

$$b = 1150 \text{ mm}$$

$$c = 790 \text{ mm}$$

$$d = 1440 \text{ mm}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2 \text{ (zvoleno)}$$



obr. 7.3: Soustava s vazbami dílenského jeřábu

Výpočet síly břemene

$$F_Q = Q \cdot g = 1000 \cdot 10 = 10000 \text{ N} \quad [22] \quad (4)$$

Definování vazeb:

- A - vazba rotační
- B - vazba pevná
- C - vazba posuvná
- D – vazba pevná

Kinematický rozbor

ξ = počet stupňů volnosti ve vazbách

η = počet deformačních parametrů

$i_v = 2D$ zadání (3)

$$i = (n - 1) \cdot i_v - (\Sigma \xi - \eta) \quad [22] \quad (5)$$

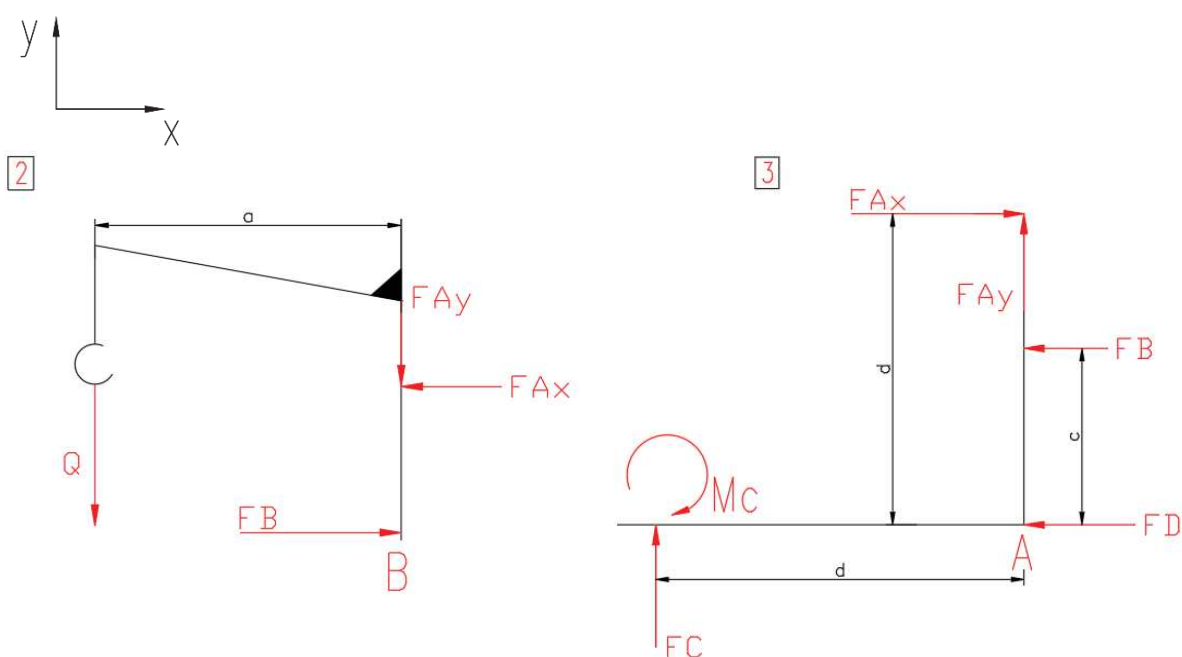
$$i = (3 - 1) \cdot 3 - (2 + 1 + 2 + 1 - 0) = 6 - 6 = 0^\circ \text{ volnosti}$$

Zadaná soustava je kinematically **nepohyblivá**.

Uvolnění soustavy

Uvolnění soustavy znamená rozložení sil ve vazbách a orientační určení jejich směru působení (viz.: obr. 7.4).

Směr kladných sil:



obr. 7.4: Uvolnění těles

Statický rozbor

Soustava obsahuje dvě tělesa obecné soustavy, kde jedno těleso má dvě podmínky silové a jednu momentovou.

v_F = počet podmínek silových

v_M = počet podmínek momentových

v = počet podmínek celkem

NP = neznámé parametry

μ = počet neznámých parametrů

$$v_F = 4 ; v_M = 2 \Rightarrow v = 6$$

$$NP = \{F_B, F_{AX}, F_{AY}, F_C, M_C, F_D\}$$

$$v = \mu \quad 6 = 6$$

$$\mu_M + \mu_R \leq v_M \quad [22] \quad (6)$$

$$1 + 0 \leq 2$$

Soustava je **staticky určitá**.

Rovnice statické rovnováhy

Dle souřadnicového systému určeného u uvolnění jsou vypsány síly ve směru osy x a y a zároveň momenty pro každé těleso zvlášť.

Těleso 2:

$$\Sigma F_x = 0: \quad F_B - F_{AX} = 0$$

$$\Sigma F_y = 0: \quad -F_{AY} - F_Q = 0$$

$$\Sigma M_B = 0: \quad F_{AX} \cdot (c - d) + F_Q \cdot a = 0$$

Těleso 3:

$$\Sigma F_x = 0: \quad -F_D - F_B + F_{AX} = 0$$

$$\Sigma F_y = 0: \quad F_C + F_{AY} = 0$$

$$\Sigma M_A = 0: \quad -F_C \cdot b - M_C - F_{AX} \cdot d + F_B \cdot c = 0$$

$$-F_{AY} - F_Q = 0$$

$$F_{AY} = -10\,000\text{N}$$

$$F_{AX} \cdot (c - d) + F_Q \cdot a = 0$$

$$F_{AX} \cdot 650 + 10\,000 \cdot 900 = 0$$

$$F_{AX} \cdot 650 = -9\,000\,000$$

$$\mathbf{F_{AX} = -13\,846,153\,N}$$

$$F_B - F_{AX} = 0$$

$$\mathbf{F_B = -13\,846,153\,N}$$

$$F_C + F_{AY} = 0$$

$$\mathbf{F_C = 10\,000N}$$

$$-F_D - F_B + F_{AX} = 0$$

$$-F_D + 13\,846,153 - 13\,846,153 = 0$$

$$\mathbf{F_D = 0}$$

$$-F_C \cdot b - M_C - F_{AX} \cdot d + F_B \cdot c = 0$$

$$-F_C \cdot 1150 - M_C - F_{AX} \cdot 1440 + F_B \cdot 790 = 0$$

$$-10\,000 \cdot 1150 - M_C + 13\,846,153 \cdot 1440 - 13\,846,153 \cdot 790 = 0$$

$$\mathbf{M_C = -2\,500\,000,55\,N \cdot mm}$$

7.4 Vnitřní vedlejší účinky – VVÚ

Dle výsledků získaných ze statického rozboru, vnitřního působení sil a momentů je zde vyjádřen průběh celé soustavy. Schémata znázorňují průběhy sil (zleva) normálových, tečných a momentových (viz.: PŘÍLOHA 10).

7.5 Kontrola vidlic paletového vozíku na ohyb

Ohybový moment získaný ze statického rozboru namáhá vidlice paletového vozíku, tudíž je nutné zkontrolovat vidlice na ohyb.

Pro výpočet jsou vidlice brány jako U profil. Samotné vidlice paletového vozíku jsou z mnohem pevnějšího materiálu, který má specifický tvar. Z toho vyplývá, že výsledné napětí bude určitě menší. Skutečný průřez vidlice je jiný u koleček paletového vozíku a také jiný v přední části vozíku (viz.: obr. 7.5).

Materiál: profil U160

DIN 1026-1 (S235JR) 1.0038

11 373 [15]

$\sigma_{o\text{ dov.}} = 235 \text{ MPa}$

Vstupní parametry pro U profil:

$h = 50 \text{ mm}$

$b = 160 \text{ mm}$

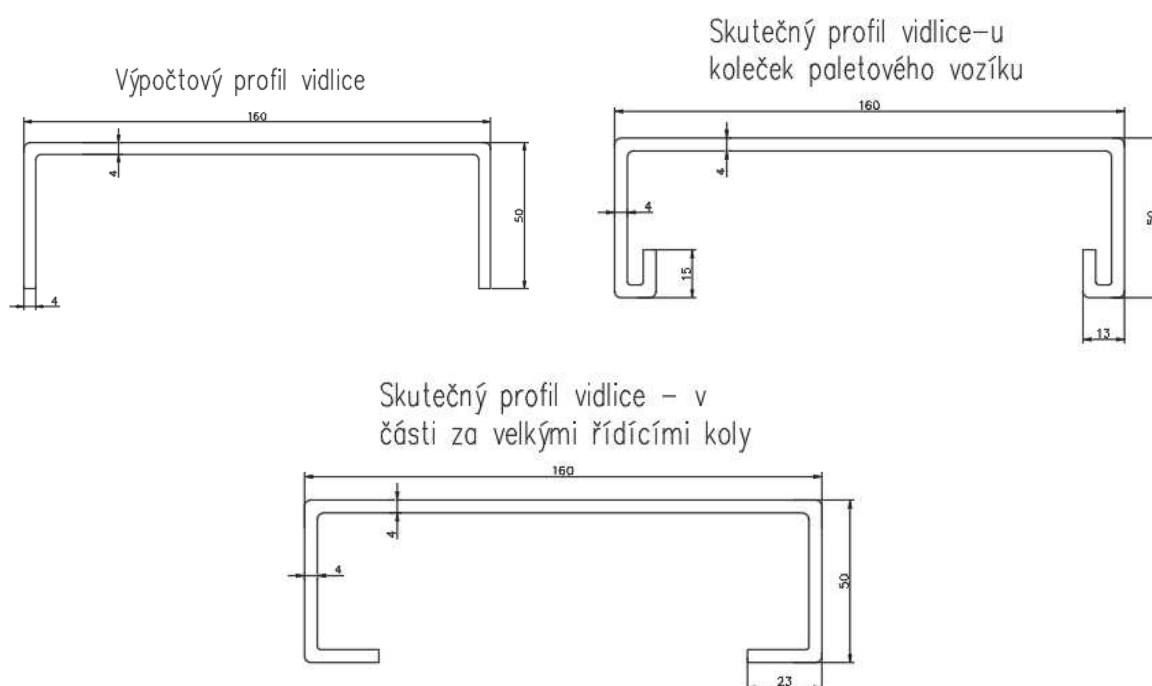
$t = 4 \text{ mm}$

$t_1 = 4 \text{ mm}$

Moment získaný ze statiky:

$M_c = 2\,500\,000,55 \text{ N}\cdot\text{mm}$

$W_{OY} = 45\,059,2 \text{ mm}^3$ [23]



obr.7.5: Profily vidlic paletového vozíku

Kontrola vidlic paletového vozíku:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{o \text{ dov.}} \quad [22] \quad (7)$$

$$\sigma_o = \frac{2\,500\,000,55}{45\,059,2} = 55,48 \text{ MPa}$$

$$\sigma_o < \sigma_{o \text{ dov.}} \quad 55,48 \text{ MPa} < 235 \text{ MPa}$$

Výsledné ohybové napětí na vidlicích paletového vozíku je výrazně menší, než dovolená hodnota napětí. Vidlice paletového vozíku **vyhovují** dovolenému napětí.

7.6 Kontrola ramene jeřábu na ohyb

Síla zatížená břemenem o hmotnosti 1000 kg namáhá rameno na ohyb (viz.: obr. 7.6). Materiál ramene je ocel 11 373.3 neboli S235JR. [15]

Materiál: Profil dutý svařovaný černý s obdélníkovým průřezem EN 10219

80x40x6

S235JRH (1.0039) dle EN 10219-1 [15]

Vstupní parametry profilu:

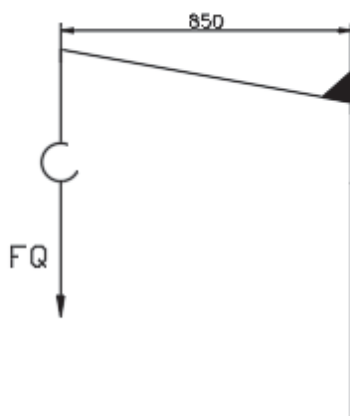
$$H = 80 \text{ mm}$$

$$B = 40 \text{ mm}$$

$$T = 6 \text{ mm}$$

$$l = 850 \text{ mm} \quad \text{- vzdálenost na poslední díru}$$

$$W_{OZ} = 24\,324,8 \text{ mm}^3 \quad \text{- kvadratický modul průřezu v ohybu [23]}$$



obr.7.6: Schéma ramene namáhaného silou F_Q

Výpočet síly břemene

$$F_Q = Q \cdot g = 1000 \cdot 10 = 10000 \text{ N} \quad [22] \quad (8)$$

Síla F_Q spolu se vzdáleností tvoří moment, který namáhá rameno na ohyb. Toto napětí je důležité zkontrolovat, aby nedošlo k destrukci ramene.

Výpočet momentu

$$M_o = F_Q \cdot l \quad [22] \quad (9)$$

$$M_o = 10\,000 \cdot 850 = 8\,500\,000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Výpočet napětí na ohyb

$$\sigma_{o \text{ dov.}} = 235 \text{ MPa}$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{o \text{ dov.}} \quad [22] \quad (10)$$

$$\sigma_o = \frac{F_Q \cdot l}{W_o} = \frac{10\,000 \cdot 850}{24\,324,8} = 349,437 \text{ MPa}$$

$$\sigma_o > \sigma_{o \text{ dov.}}$$

Zvolený materiál a dutý profil **nevyhovuje** dovolenému napětí na ohyb. Hodnota je o 114 MPa vyšší než hodnota dovolená, což by znamenalo, že by došlo k destrukci ramene.

Nová volba materiálu: Profil dutý svařovaný černý s obdélníkovým průřezem EN 10219

80x60x6

S355J2H (1.0576) dle EN 10219-1 [15]

Vstupní parametry profilu:

$$H = 80 \text{ mm}$$

$$B = 60 \text{ mm}$$

$$T = 6 \text{ mm}$$

$$l = 850 \text{ mm} \quad - \text{ vzdálenost na poslední díru}$$

$$W_{OZ} = 32\,556,8 \text{ mm}^3 \quad - \text{ kvadratický modul průřezu v ohybu [23]}$$

Výpočet napětí na ohyb

$$\sigma_{o\,dov.} = 355\,MPa$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{o\,dov.} \quad [22] \quad (11)$$

$$\sigma_o = \frac{F_Q \cdot l}{W_o} = \frac{10\,000 \cdot 850}{32\,556,8} = 256\,MPa$$

$$\sigma_o < \sigma_{o\,dov.} \quad 256\,MPa < 355\,MPa$$

Výsledné ohybové napětí **vyhovuje** materiálové charakteristice. Při tomto zatížení nedojde k deformaci ramene.

7.7 Kontrola svaru

Jelikož celá konstrukce stojanu a ramene je vyrobena svařováním. Je nutné svary v kritických místech zkontrolovat. Nejvíce zatíženými místy jsou svary na rameni a na stojanu konstrukce. Kvůli rozsahu bakalářské práce je výpočet omezený pouze na svary na rameni (viz.: obr. 7.7).

Vstupní parametry profilu:

$$g = 10\,m/s$$

$$a = 5\,mm \quad (a = 1,414z) \quad [22]$$

$$l = 850\,mm$$

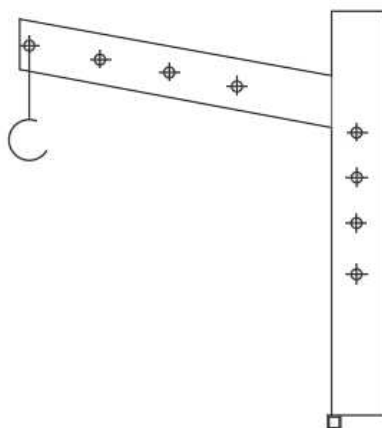
$$F = 10\,000\,N$$

$$b = 60\,mm$$

$$h = 80\,mm$$

Tenkostěnný profil 80x60x6 [15]

$$\sigma_{dov.} = 355\,MPa \quad (\text{dle materiálu S355J2H - 11 503.3})$$



obr.7.7: Svařenec ramene

Kontrola svarů na rameni:

Výpočet ohybového momentu

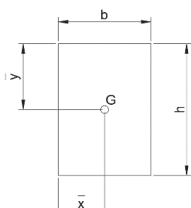
$$M_{celk.} = F \cdot l \quad [22] \quad (12)$$

$$M_{celk.} = 10\,000 \cdot 850 = 8\,500\,000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Plocha účinného průřezu (do těžiště profilu viz.: obr.7.8)

$$S = 1,414 \cdot z \cdot (b + h) \quad [22] \quad (13)$$

$$S = 5 \cdot (60 + 80) = 700 \text{ mm}^2$$



obr.7.8: Určení těžiště profilu [22]

Výpočet jednotkového osového kvadratického momentu v účinném průřezu

$$J_{zu} = \frac{h^2}{6} \cdot (3b + h) \quad [22] \quad (14)$$

$$J_{zu} = \frac{80^2}{60} \cdot (3 \cdot 60 + 80) = 277\,333,33 \text{ mm}^3$$

Celkový osový kvadratický moment účinných průřezů obou svarů k ose z

$$J_z = 1,414 \cdot z \cdot J_{zu} \quad [22] \quad (15)$$

$$J_z = 5 \cdot 277\,333,33 = 1\,386\,666,65 \text{ mm}^4$$

Výpočet smykového napětí působící s posouvající silou

$$\tau' = \frac{T}{S} \quad [22] \quad (16)$$

$$\tau' = \frac{10\,000}{700} = 14,285 \text{ MPa}$$

Výpočet nominálního smykového napětí v účinném průřezu

$$\tau'' = \frac{M_c}{J_z} \quad [22] \quad (17)$$

$$\tau'' = \frac{M_h/2}{0,707zbh^2/2} = \frac{1,414M}{zbh} = \frac{8\,500\,000}{1\,386\,666,65} = 6,129 \text{ MPa}$$

Výpočet celkového smykového napětí

$$\tau = \sqrt{\tau'^2 + \tau''^2} \quad [22] \quad (18)$$

$$\tau = \sqrt{14,285^2 + 6,129^2} = 15,544 \text{ MPa}$$

Určení elektrody

Dle materiálu s největší pevností v tahu S355J2H = 470 – 630 MPa

Zvoleno dle tabulky: 630 MPa

Volím elektrodu (větší číslo než 6) – **E70xx**

$\tau_D = 145 \text{ MPa}$ – zvoleno dle tabulky viz.: (str.520, 1125) [22]

Výpočet bezpečnosti

$$k = \frac{\tau_D}{\tau} \quad [22] \quad (19)$$

$$k = \frac{145}{15,544} = 9,328$$

Obvodové svary okolo ramene **vyhovují** dovolenému napětí.

8 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo navrhnout dílenský jeřáb s motorovým pojezdem. Prvním úkolem bylo vybrat vhodnou variantu, která by byla funkční, zároveň víceúčelná pro běžný provoz a nezabírala mnoho místa v opravárenských provozech. Pro požadovanou nosnost byl vybrán řetězový kladkostroj a specificky navržena konstrukce z tenkostěnných profilů. Motorovým pojezdem pro dílenský jeřáb se stal elektrický paletový vozík, který disponuje výbornými ovládacími vlastnostmi. Dále následovala volba vhodných komponentů a návrh koncepce řešení dílenského jeřábu. V další části práce byl proveden statický rozbor, ze kterého se získaly síly ve vazbách a moment, který působil na vidlicích paletového vozíku. Provedly se kontroly otlačení čepů, vidlic paletového vozíku a kontroly svarů. Poté byla vytvořena výkresová dokumentace obsahující výkres svařovací sestavy jeřábu a dvě menší svařovací podsestavy. Veškerá výkresová dokumentace byla provedena v softwaru Autodesk Inventor. Jeřáb splňuje podmínky zadání, tedy uzvedne břemeno o jmenovité hmotnosti 1t a disponuje motorovým pojezdem elektrického paletového vozíku.

Na základě mého návrhu jsem podal patentovou přihlášku na Úřad průmyslového vlastnictví v Praze. Celým patentovým řízením mě provázel patentový zástupce z Brna (viz.: PŘÍLOHA 11).

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Jeřáb mostový jednonosníkový [online]. Brno, 2017 [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/100904>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.
- [2] Historický jeřáb z konce 14. století. In: *ITECO* [online]. Brno: ITECO s.r.o., 2017 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://www.iteco.cz/files/ckeditor/novinky/historicky_jerab/big/stroje-006.jpg
- [3] Jeřáby. *Vladimír Plšek - Technické revize* [online]. Klášterec nad Ohří: Technické revize, 1994 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://www.technikerevize.cz/jeraby.html>
- [4] KEMKA, Vladislav. *Stavba a provoz strojů: stroje a zařízení*. Vyd. 1. Praha: Informatorium, 2009, 281 s. : il. ; 21 cm. ISBN 978-80-7333-075-0.
- [5] Mostový jeřáb. In: *ITECO* [online]. Brno: ITECO s.r.o., 2017 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://www.iteco.cz/ostatni-aplikace/#gallery-7>
- [6] Historický lanový jeřáb. In: *Nejen hornictví info* [online]. b.r. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://podzemi.solvayovylomy.cz/cteni/bergwerk/034b.jpg>
- [7] Dílenský skládací jeřáb. In: *Heavytech* [online]. Hořice: Heavytech s.r.o., 2018 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://www.naradi-pro.cz/dilensky-jerab-1-t-skladaci>
- [8] Dílenský jeřáb HANTtechnik 2t. *Heavytech* [online]. Hořice: Heavytech s.r.o., 2018 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://www.naradi-pro.cz/dilensky-jerab-hanttechnik-2t?typ=3>
- [9] Pojízdný jeřáb dílenský s protizávažím. *Emporo* [online]. Praha: EMPORO, s.r.o., 2018 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://www.emporo.cz/pojizdny-jerab-dilensky-s-protizavazim-nosnost-1000-kg/d-83044/>
- [10] Pojízdný otočný jeřáb dílenský. *Emporo* [online]. Praha: EMPORO, s.r.o., 2018 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://www.emporo.cz/pojizdny-otocny-jerab-dilensky-nosnost-500-kg/d-83045/>
- [11] Pojízdný sklopný jeřáb dílenský. *Emporo* [online]. Praha: EMPORO, s.r.o., 2018 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://www.emporo.cz/pojizdny-sklopný-jerab-dilensky-nosnost-2000-kg-paralelni-podvozek-pro-palety/d-76331/>
- [12] Pojízdný dílenský jeřáb OMCN. *VM Consulting* [online]. Praha: VM Consulting, 2007 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://vybaveni-servisu.cz/pojizdny-dilensky-jerab-omcn-222-3-t-pevna-konstrukce>

- [13] Dílenský jeřáb (žirafa). In: *NÁŘADÍTECHNIKA* [online]. Buchlovice: MK-VISION s.r.o., 2018 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.naraditechnik.cz/autozvedaky/722-dilensky-jerab-zirafa-zdvih-2-tuny-s-integrovanym-montaznim-drzakem-motoru>
- [14] JANÍČEK, Přemysl. *Systémová metodologie: brána do řešení problémů*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2014, 1 sv. (různé stránkování) : il. ISBN 978-80-7204-887-8.
- [15] Sortiment hutních polotovarů. *Ferona* [online]. Praha: Ferona a.s., 2017 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://www.ferona.cz/cze/sortiment/sortiment.php>
- [16] Paletový vozík. In: *Ebal* [online]. Pardubice: ADK Trade s.r.o., 2018 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.ebal.cz/Manipulacni-technika-3921/Paletove-voziky-2763/Paletove-voziky-2804/Paletovy-vozik-s-dlouhymi-vidlicemi-do-2-000-kg-gumova-ridici-kola>
- [17] Závěsy na palety. *MONTECO* [online]. Praha: MONTECO s.r.o., 1997 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <https://www.monteco.cz/zavesy-na-palety-manipulace-s-paletami-zvedani-palet>
- [18] Elektrický paletový vozík CBD20p. *Deltalift* [online]. Praha: Lugero CZ, s.r.o., b.r. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://www.deltalift.cz/elektricky-paletovy-vozik-cbd20p-nosnost-2t-vidlice-1150mm#tb1=1>
- [19] Asist AE8HR20-30D. *Asist* [online]. Praha: Asist, 1997 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://www.asist.cz/produkty/retezovy-kladkostroj-2t-3m-ae8hr20-30d/p>
- [20] LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. 3., dopl. vyd., dot. Praha: Scientia, 1999. ISBN isbn80-7183-164-6.
- [21] Materiálové charakteristiky ocelí. *E-konstruktor* [online]. Praha: E-konstruktor, 2013 [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <https://e-konstruktor.cz/prakticka-informace/hodnoty-mez-pevnosti-kluzu-unavy-a-dovolenych-napeti-pro-ocel>
- [22] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, Miloš VLK, ed. *Konstruování strojních součástí*. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN isbn978-80-214-2629-0.
- [23] Automatický výpočet kvadratických modulů polotovarů. *E-konstruktor* [online]. Praha: E-konstruktor, 2013-2017 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://e-konstruktor.cz/technicke-vypocty/14-kvadraticky-moment-a-modul-prurezu-v-ohybu/104-kvadraticky-moment-prurezu-jaklu>
- [24] Pojízdný dílenský hydraulický jeřáb. In: *BOVRAM* [online]. Ústí nad Orlicí: PIPAOILS s.r.o., 2018 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.bovram.cz/pojizdny-hydraulicky-dilensky-jerab-3t-zirafa-skladaci/>

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A TABULEK

Seznam tabulek:

Tabulka 2-1: Technické parametry skládacího jeřábu.....	21
Tabulka 2-2: Technické parametry pojízdného jeřábu s protizávažím.....	22
Tabulka 2-3: Technické parametry pojízdného otočného jeřábu.....	24
Tabulka 2-4: Technické parametry sklopného jeřábu.....	25
Tabulka 2-5: Technické parametry pojízdného jeřábu s pevnou konstrukcí.....	26

Seznam použitých zkratek a symbolů

B	[mm]	Šířka stěny bočnice tenkostěnného profilu
Q	[kg]	Maximální nosnost dílenského jeřábu
g	[m/s ²]	Tíhové zrychlení
$D_{\check{c}}$	[mm]	Průměr čepu
P_d	[MPa]	Dovolené tlakové napětí (kontrola na otláč.)
F_q	[N]	Síla břemene
P	[MPa]	Vypočtený tlak (zatížení)
F_{AY}	[N]	Síla ve vazbě A (rotační vazba ve směru y)
a	[mm]	Délka ramene
b	[mm]	Délka vidlic paletového vozíku
c	[mm]	Vzdálenost od vazby D po vazbu C
d	[mm]	Vzdálenost od vazby D po čep na rameni
ξ	[°]	Počet stupňů volnosti ve vazbách
η	[-]	Počet deformačních parametrů
i_v	[-]	2D zadání (3)
i	[°]	Počet stupňů volnosti v soustavě
v_F	[-]	Počet silových podmínek
v_M	[-]	Počet podmínek momentových
v	[-]	Celkový počet podmínek
μ	[-]	Počet neznámých parametrů
μ_M	[-]	Počet neznámých parametrů momentových
μ_R	[-]	Počet neznámých parametrů polohových
F_B	[N]	Síla ve vazbě B (pevná vazba)
F_{AX}	[N]	Síla ve vazbě A (rotační vazba ve směru x)
F_D	[N]	Síla ve vazbě D (pevná vazba)
M_C	[N.m]	Moment působící na vidlice pal. vozíku
$\sigma_{odov.}$	[MPa]	Dovolené napětí v ohybu
h	[mm]	Výška tenkostěnného profilu
b	[mm]	Šířka tenkostěnného profilu

t	[mm]	Tloušťka tenkostěnného profilu (vnější)
t_1	[mm]	Tloušťka tenkostěnného profilu (vnitřní)
W_{OY}	[mm^3]	Kvadratický modul v průřezu ohybu
σ_o	[MPa]	Výpočtové napětí v ohybu (kontrola vidlic)
H	[mm]	Změna výšky tenkostěnného profilu
B	[mm]	Změna šířky tenkostěnného profilu
T	[mm]	Změna tloušťky tenkostěnného profilu
l	[mm]	Délka ramene
W_{OZ}	[mm^3]	Kvadratický modul v průřezu ohybu
a	[mm]	Velikost výšky svaru
$M_{Celk.}$	[N.m]	Celkový ohybový moment
S	[mm^2]	Plocha účinného průřezu
J_{zu}	[mm^3]	Jednotkový osový kvadratický moment
J_z	[mm^4]	Celkový osový kvadr. moment obou svarů (z)
τ'	[MPa]	Smykové napětí působící s posouvající silou
τ''	[MPa]	Nominální smykové napětí
τ_D	[MPa]	Dovolené smykové napětí pro elektrodu
k	[-]	Bezpečnost svaru
τ	[MPa]	Celkové smykové napětí
M_o	[N.m]	Moment působící na rameno

11 SEZNAM OBRÁZKŮ

obr. 1.1: Historický jeřáb z konce 14. století [2].....	15
obr. 2.1: Mostový jeřáb [5]	19
obr. 2.2: Historický lanový jeřáb [6].....	19
obr. 2.3: Dílenský jeřáb [7]	20
obr. 2.4: b) Rozložený dílenský jeřáb [8].....	22
obr. 2.5: a) Dílenský jeřáb (poskládaný) [8]	22
obr. 2.6: Schéma dílenského jeřábu s protizávažím [9]	23
obr. 2.7: Dílenský jeřáb s protizávažím [9].....	23
obr. 2.8: Pojízdný otočný jeřáb [10].....	24
obr. 2.9: Pojízdný sklopný jeřáb [11].....	25
obr. 2.10: Pojízdný jeřáb (OMCN) s pevnou konstrukcí [12].....	26
obr. 2.11: Nejpoužívanější dílenský jeřáb (žirafa) [13]	27
obr. 4.1: Dílenský jeřáb [24]	33
obr. 4.2: Hydraulický paletový vozík [16]	33
obr. 5.1: 1. VARIANTA	35
obr. 5.2: 2. VARIANTA	36
obr. 5.3: 3. VARIANTA	37
obr. 5.4: Vybraná varianta.....	38
obr. 6.1: Elektrický paletový vozík CBD20p [18]	39
obr. 6.2: Řetězový kladkostroj Asist ae8hr20-30d [19]	40
obr. 6.3: Normalizovaný tenkostěnný profil [15].....	41
obr. 6.4: Konstrukce stojanu	42
obr. 6.5: Konstrukce ramene	43
obr. 6.6: Celková konstrukce dílenského jeřábu	44
obr. 7.1: Uložení čepu v konstrukci stojanu.....	45
obr. 7.2: Uložení čepu na konstrukci ramene.....	46
obr. 7.3: Soustava s vazbami dílenského jeřábu	47
obr. 7.4: Uvolnění těles	48
obr. 7.5: Profily vidlic paletového vozíku.....	51
obr. 7.6: Schéma ramene namáhaného silou F_q	52
obr. 7.7: Svařenec ramene	54
obr. 7.8: Určení těžiště profilu[18].....	55

12 SEZNAM PŘÍLOH

- 1) VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE
 - Svařovací sestava ramene
 - Svařovací sestava stojanu
 - Celková svařovací sestava dílenského jeřábu
- 2) PŘÍLOHY 1 – 11